加强植物迁地保护，促进植物资源保护和利用

周 桔[1] 杨 明[1] 文香英[2] 李 楠[2] 任 海[2*]

1 中国科学院 科技促进发展局 北京 100864

2 中国科学院华南植物园 广东省应用植物学重点实验室 广州 510650

摘要 植物资源是人类生存和发展的基础，由于人为和自然原因，植物多样性面临着严重威胁。迁地保护是解除威胁的重要方式，植物园和种质库是迁地保护的主要载体。全球植物园迁地保护了105 634种植物，约占全球植物总数的30%，并且保护了超过40%的受威胁物种；同时，全球500多座种质资源库收藏作物资源300多万份。中国的植物园迁地保护了20 000余种本土植物，约占全国总物种数的60%；国家农作物种质库和资源圃共保存种质资源50余万份。植物迁地保护机构在加强植物保护的同时，开展了大量科学研究和资源利用工作。文章在介绍植物迁地保护状况的基础上，综述了相关研究进展，提出了加强我国植物迁地保护的建议，以期促进植物多样性迁地保护和生物多样性可持续利用。

关键词 植物园，种质库，生物多样性保护，可持续发展

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045. 20210225101

自工业革命以来，由于人口快速增长和城镇化导致的生境破坏和破碎化、资源过度利用、盲目引种、外来种入侵、环境污染及气候变化等问题，再加上植物自身适应水平低和繁殖障碍，造成了野生植物分布区萎缩、生境恶化、资源锐减、一些物种濒危程度加剧等问题。当今世界和中国都面临着植物多样性保护、恢复和可持续利用的挑战[1]。为此，联合国发起了《生物多样性公约》《2030年可持续发展议程》和《联合国生态系统恢复十年（2021—2030年）》，其中或多或少都有植物迁地保护的条款。

迁地保护是将植物种子或活植株移到人工创造的适宜环境中保存，使其避免受自然灾害或人为因素的影响。迁地保护对于原生境遭到严重破坏、种群存续受到巨大威胁的物种具有重要意义，是进行抢救

* 通信作者

资助项目：生态环境部生物多样性专项（No.8-3-7-20-10）
修改稿收到日期：2021年4月3日

性保护的有效手段。迁地保护的设施包括进行引种栽培保存的植物园（树木园），以及利用低温技术进行离体保存的种质（子）库。迁地保护的优先类群包括珍稀濒危种、特有种、栽培植物野生近缘种、有科研价值和经济潜力物种。迁地保护的材料包括活体（或死）植株、种子、离体器官、组织、花粉和DNA材料等[2]。

就地保护和迁地保护相互补充，共同保护植物多样性，进而为人类恢复和利用植物资源提供可能。迁地保护的植物资源除了为人类提供生存保障和生态系统调节服务外，还在农业、医药、工业原材料、环境建设等领域的经济社会发展中产生重要的影响，也为生命科学研究提供支撑。对迁地保护的植物资源进行发掘和利用，并为经济发展服务已成为各国政府发展战略的重心。本文对全球和中国植物迁地保护进行评述，并提出了对中国植物迁地保护的建议，以期为中国的生物多样性保护和可持续利用提供参考。

1 植物多样性受威胁的状况

1.1 全球植物多样性及受威胁状况

全球已命名391 000种维管束植物，其中约21%受到生存威胁。全球约有60 065个树种，其中已评估的34 204个树种中有46%受到生存威胁。全球7万多种药用植物中，1.5万种受到生存威胁，723种面临灭绝风险。全球至少有7 039种可食用植物，但只有417种被驯化为作物，其余种类的遗传多样性面临丧失①。

1.2 中国植物多样性及受威胁状况

中国2015年有野生高等植物② 454科3 818属35 112种。其中，苔藓植物3 045种，蕨类植物2 124种，裸子植物227种，被子植物29 716种。苔藓植物、蕨类植物、裸子植物和被子植物物种多样性分别占世界的18.8%、17.7%、22.2%和11.1%。中国高等植物中的中国特有种共17 439种，占比达47%[3]。

2017年对中国野生高等植物35 784种的评估表明，灭绝21种，野外灭绝9种，地区灭绝10种；极危614种，濒危1 313种，易危1 952种，近危2 818种；无危24 243种；数据缺乏4 804种。受威胁比例为15%—20%[4]。

据中国农业科学院对野生稻连续18年野外调查发现，由于人畜危害、自交衰退、遗传侵蚀、伴生植物竞争等原因，分布于7省份的3种野生稻已由原记载2 696个居群锐减到636个，丧失率高达76.4%。此外，中国70%的药材用量来源于栽培，剩余30%用量的物种因过度采集而面临生存威胁。

2 植物迁地保护的历史与现状

2.1 全球植物迁地保护的历史与现状

植物园起源于16世纪中叶的欧洲，在文艺复兴后期自然科学与园林艺术崛起过程中，早期的植物园集中在栽培、研究和试验药用植物；18世纪时植物园对农作物的引种驯化与传播起了关键作用，甚至影响了一些国家的兴衰。可以说，在近代500多年的植物引种驯化与传播过程中，植物园发挥了引领作用[5]。植物园历经了药用植物园、热带植物园、欧洲经典植物园、市政植物园和特殊类型植物园（包括农业植物园、园艺植物园、种质资源收集园等）等发展阶段。发达国家的植物园在加强研究的基础上，更倾向于生物多样性综合保护和生态环境教育；而发展中国家的植物园研究力量还不够强，在进行珍稀濒危植物保护的同时，强化了经济植物的利用，也具备一定的科普

① https://stateoftheworldsplants.org/2016/; https://stateoftheworldsplants.org/2017/.
② 苔藓植物+维管束植物，维管束植物=蕨类植物+裸子植物+被子植物。

能力[6]。

国际植物园保护联盟（BGCI）统计了有活植物信息的2 119个植物园，他们共保育105 634种植物，约占全球总数的30%，并保护了超过40%的受威胁植物。然而，植物园主要分布在温带，热带起源的植物有76%没有得到迁地保护，迁地保护的植物中北半球原生种占了93%；同时，只有10%的植物园迁地保育了珍稀濒危植物[7]。目前，英国皇家植物园——邱园收集了全球5万多种植物，是种类最多的世界级植物园[6]。

全球已建成各类作物种质资源库500多座，收藏种质资源300多万份。其中，禾谷类120万份，豆类35万份，根茎类8万份，饲料类20万份。库藏量前4名的国家分别是美国（约60万份）、中国（约43万份）、印度（约40万份）、俄罗斯（32万份）。全球74个国家的植物园建立了350个种子库，共保存了56 987个分类群，其中9 000多个是珍稀濒危种[8]。特别地，美国国家植物种质系统（NPGS）收集的粮食与农作物种质资源有约60%来自国外。英国邱园的"千年种子库"收集了近4万种野生植物种子，约占全球的10%[9]。

2.2 中国植物迁地保护的历史与现状

总体上看，中国已初步建立了植物迁地保护体系，迁地保护了大部分本土植物，并从全球生物多样性热点地区引进了一些经济植物。中国已建野生植物种质资源保护和培育基地400多处，其中植物园和树木园近200个，初步形成了植物迁地保护网络，共保藏种质资源105万份以上，迁地保护了中国植物区系植物物种的60%[5,10]。

*植物园是活体植物迁地保护的主要机构。*中国最早的植物园是1871年建立的香港动植物公园，但大部分植物园是新中国成立后建立的。中国的植物园涵盖了主要气候带和植被区，初步形成了完整的植物迁地保护体系。中国的体制影响植物园建设，隶属不同部委的植物园的功能和定位不同，在生物多样性保护、科学研究、园林园艺和环境教育等方面的侧重点亦有所不同。自20世纪50年代以来，中国科学院在植物园建设中发挥了重要作用。目前，企业开发管理的植物园呈增长趋势[5]。中国植物园共建有专类园区约1 200个，保存了植物396科、3 633属、23 340种（含种以下等级），其中本土植物约20 000种，占中国高等植物的60%，占全球保育总数的25%[5]。中国植物园迁地保育受威胁植物约1 500种，约占本土受威胁植物种数的39%。植物园对我国本土植物多样性保护发挥了积极作用[11]。

*种质库保存了我国绝大部分作物品种。*种质库包括保存种子的种子库和苗木的种质圃。国家农作物种质库由1个长期种质库和10个中期库组成，共保存785个物种426 726份种子资源。3个国家种质圃保存资源64 493份[1]。4座药用植物种质库和82个药用植物园迁地栽培了8 249种，其种质库保存了6 507种，去重后合计10 785种，含200多种珍稀濒危物种[12]。中国西南野生生物种质资源库保存了10 285种植物种子。国家林木种质资源库和良种基地保存种质资源33 000余份（含引进）。深圳国家基因库保存3 000万份生物样本③。这些种质库保存的种质资源为下一步的利用提供了材料支撑。

*由于中国对植物资源的收集保藏和迁地保护起步相对较晚，植物迁地保护方面还存在如下问题：*① 国家层面缺乏整体设计与协调，部分区域的植物迁地保护还未覆盖（如青藏高原仅1个植物园），各种质资源库保护特色还不够鲜明；② 一些种质库的保存能力有待加强，缺乏种质库建设和管理规范与标准；③ 各种质库人才队伍不够强；④ 各库间资源缺乏共享交

③ https://www.genomics.cn/gene.html.

流，信息系统也不够完善；⑤ 植物资源迁地保护的数量不够丰富，经济植物的遗传多样性保护相对较弱；⑥ 迁地保护理论与技术亟待提升，迁地保护与就地保护、野外回归、科研、开发、应用、科普间的衔接不紧，未发挥综合效益；⑦ 迁地保护领域的国际合作及影响力亟待加强，需要在引种便利化和惠益共享方面加强合作。

3 植物迁地保护研究进展

3.1 基于植物园的研究

植物园 500 余年的发展史充满着人类对自然奥秘、奇特植物的探索，是一部人类探索、利用、改造自然，最终与自然和谐共处的历史[13]。植物园发展进程中，科学研究内涵始终贯穿其中：16—17 世纪的植物园主要研究药用植物并发掘药物；18 世纪植物分类学的重要进展，如腊叶标本的制作与标本馆的创立、双名命名法的诞生、林奈的分类系统与植物分类学诞生、植物志的编撰、物种形成与进化理论等，均诞生于植物园；18—20 世纪从植物分类学逐步拓展至植物学各分支学科，进一步发展到当今的植物分子生物学及基因组学、代谢组学等均与植物园有关。21 世纪以后，植物园的功能又延伸到植物多样性与环境保护、科学普及、休闲旅游等公共服务领域[5]。

植物园迁地保护研究集中在物种的生态生物学特性（如受威胁因素、生存潜力、致濒机制、维持机制等）、植物定居的影响因素、遗传多样性与适应性、全球变化对迁地保护的影响和成功回归的标准（如在采样上要做到代表性，在物种水平实现“从种子到种子”，在生态系统水平则要实现种间关系重建）等方面[6]。近些年，对大部分珍稀濒危植物的小苗、种子、枝条、组织和 DNA 等的高效保存及繁殖技术取得长足进展，提升了迁地保护的水平。

*迁地保护要确定优先收集类群和采样策略。*新英格兰野生花卉协会开发了确定优先收集类群等级的系统[14]。Hoban[15]提出当植物的野外种群小于 5 个时，需要对每个种群进行采集，每个种群最少采集 50 个样品。Hoban 和 Schlarbaum[16]提出采样时要考虑种群大小和结构、种群间遗传联系和传粉方式，指出了大种群和风媒传粉植物采样策略应与小种群和昆虫传粉物种不同。

*迁地保护要了解被保护植物的遗传信息。*Wei 和 Jiang[17]对全球 3 599 篇有关迁地保护的论文进行分析后发现：迁地保护种群的遗传多样性显著低于相应的野生种群，这种低遗传涵盖度是因为不完善的取样策略和迁地保护过程中的遗传侵蚀所造成。因此，植物园要重视濒危植物迁地保护中遗传代表性、遗传混杂、遗传适应等遗传风险管理[18,19]。Maxted 等[20]提出用缺口分析（gap analysis）方法提高采样遗传多样性涵盖度。同时，在进行活植物采集时，还要考虑物种濒危性、遗传代表性和维持遗传代表性的采集成本[21]。

*迁地保护时要将物种、生物环境及其非生物环境三者综合考虑。*当前，有关物种与其生物环境方面研究较多，如：物种的遗传结构与风险评价、传粉者对繁育系统的影响、有害生物的干扰、模拟群落的构建等。有关非生物环境方面的研究主要集中在气候（即光温水湿）相似性原则方面，也有少量研究关注植物营养条件[22,23]。迁地保护强调保持物种原有的遗传特性；而引种驯化则会改变物种的遗传特性以达到利用的目标[24]。

在过去的几十年中，就地/迁地二分法仍然在很大程度上影响了自然保护运动及其机构的发展。Braverman[25]认为保护中就地与迁地的划分是过时的、不切实际的和不可持续的，它们与自然文化和多自然的观念，以及非传统的空间观念不相容，未来要运用综合保护策略。

3.2 基于种质（子）库的研究

Hawkes 等[26]建立了包括研究、收集、各种形式的

迁地和就地保护、评价和利用的植物遗传资源综合保护模式，成为种质资源库建设的行动指南。近些年，种质保存技术在原地、迁地和设施保存（包括低温种质库、组培苗、体细胞胚胎和超低温保存芽），以及繁殖方法（包括种子、孢子、压条、分株、扦插、嫁接）等方面取得明显进展，使其技术体系进一步得到了完善[27]。围绕种子保存技术，种子库关注的相关科学问题包括种子活力、寿命和超低温保存等问题[9]。例如，夏威夷植物园采用了共建的种子库、微型繁殖实验室和温室的方式进行植物迁地保护和扩繁种植，有效地保护了夏威夷群岛许多受威胁的物种免遭灭绝。这个方法还适用于其他植物多样性热点地区的迁地保护行动[28]。

3.3 中国的研究进展

从 20 世纪 80 年代起，中国已按照国际自然保护联盟（IUCN）的标准评估了植物受威胁的状况，解决了 40 多个极小种群野生植物的繁殖与栽培问题[23]。黄宏文等[29]发起了《中国迁地栽培植物志》编研，这项工作为迁地保护提供了基础信息。南京中山植物园提出了濒危植物露地保存的“人工管理下的园圃栽培—半自然生境的过渡种植—返回自然生境的归化种植”路径[23]。中国科学院武汉植物园在迁地保护长江三峡库区的 30 多种珍稀濒危植物时，通过在异地建立人工群落保育取得了成功[23]。中国科学院西双版纳热带植物园在一片热带雨林残存植被中迁地栽培了国家重点保护植物 45 种[23]。中国科学院华南植物园建立了利用生物技术、种间关系重建、生境恢复技术集成的方法进行珍稀濒危植物回归并探索了商品化生产的新模式[30,31]。Liu 等[5]综述了中国 206 种珍稀植物野外回归的研究进展[32]。此外，中国植物园培育了植物新品种 1 352 个、申报植物新品种权证 494 个、获国家授权新品种 452 个、推广园林观赏/绿化树种 17 347 种次、开发药品/药物 748 个、开发功能食品 281 个、推广果树新品种 653 个，其在植物资源发掘与利用方面做出了成绩。

4 对中国植物迁地保护的建议

（1）建立全国植物迁地保护统一管理机制，加强国家植物园体系的顶层设计，完善和发布迁地保护相关法规；在青藏高原寒带和寒温带地区布局与新建植物园，形成完整的迁地保护网络，与就地保护体系一起，对本土物种形成全覆盖，有效保护中国的野生植物类群。

（2）加强植物迁地保护与科学研究、知识传播、生态游憩和资源开发利用间的紧密合作，充分利用公民科学、互联网、大数据、人工智能等新技术，以惠益公众、服务社会为发展方向，推动植物迁地保护现代化。

（3）争取更多资金支持，分类支持与提升各园/库持续发展能力。在能力建设中，人才队伍建设、标准或规程编制、种质交流和信息共享平台建设、备份库和安全保存是重点。此外，还要加强迁地保护、就地保护和野外回归等综合策略的应用，促进植物保护的有效性。

（4）通过履行或参与《生物多样性公约》《2030 年可持续发展议程》《联合国生态系统恢复十年（2021—2030 年）》等国际公约或协定，以及在“一带一路”倡议的推进过程中加强国际合作，建立国家层面植物迁地保护与资源共享的国际合作协调机制。例如，在“一带一路”科学组织联盟（ANSO）框架下建设“一带一路”植物园联盟，提升“一带一路”沿线国家植物园在迁地保护、能力建设和环境教育方面的水平。

参考文献

1 Ren H, Qin H N, Ouyang Z Y, et al. Progress of implementation on the Global Strategy for Plant Conservation in (2011–2020) China. Biological Conservation, 2019, 230:169-178.

2 Maxted N. *In situ*, *ex situ* conservation. Encyclopedia of Biodiversity (2nd Ed.). Amsterdam: Elsevier, 2013: 313-323.

3 王利松, 贾渝, 张宪春, 等. 中国高等植物多样性. 生物多样性, 2015, 23(2): 217-224.

4 覃海宁, 赵莉娜. 中国高等植物濒危状况评估. 生物多样性, 2017, 25(7): 689-695.

5 黄宏文. "艺术的外貌、科学的内涵、使命的担当"——植物园500年来的科研与社会功能变迁（二）：科学的内涵. 生物多样性, 2018, 26(3): 304-314.

6 任海, 段子渊. 科学植物园建设的理论与实践（第二版）. 北京: 科学出版社, 2017.

7 Mounce R, Smith P, Brockington S. *Ex situ* conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. Nature Plants, 2017, 3: 795-802.

8 O'Donnell K, Sharrock S. The contribution of botanic gardens to *ex situ* conservation through seed banking. Plant Diversity, 2017, 39: 373-378.

9 李德铢, 杨湘云, Hugh W. Pritchard. 种质资源保护中的问题与挑战. 中国科学院院刊, 2010, 25(5): 533-540.

10 贺善安, 张佐双, 顾姻, 等. 植物园学. 北京: 中国农业出版社, 2005.

11 焦阳, 邵云云, 廖景平, 等. 中国植物园现状及未来发展策略. 中国科学院院刊, 2019, 34(12): 1351-1358.

12 李标, 魏建和, 王文全, 等. 推进国家药用植物园体系建设的思考. 中国现代中药, 2013, 15(9): 721-726.

13 黄宏文. "艺术的外貌、科学的内涵、使命的担当"——植物园500年来的科研与社会功能变迁（一）：艺术的外貌. 生物多样性, 2017, 25: 924-933

14 Farnsworth E J, Klionsky S, Brumback W E, et al. A set of simple decision matrices for prioritizing collection of rare plant species for *ex situ* conservation. Biological Conservation, 2006, 128(1): 1-12.

15 Hoban S. New guidance for *ex situ* gene conservation: Sampling realistic population systems and accounting for collection attrition. Biological Conservation, 2019, 235: 199-208.

16 Hoban S, Schlarbaum S. Optimal sampling of seeds from plant populations for *ex-situ* conservation of genetic biodiversity, considering realistic population structure. Biological Conservation, 2014, 177: 90-99.

17 Wei X Z, Jiang M X. Meta-analysis of genetic representativeness of plant populations under *ex situ* conservation in contrast to wild source populations. Conservation Biology, 2021, 35(1): 12-23.

18 康明, 叶其刚, 黄宏文. 植物迁地保护中的遗传风险. 遗传, 2005, 27(1): 160-166.

19 Lozada-Gobilard S, Pánková H, Zhu J L, et al. Potential risk of interspecific hybridization in *ex situ* collections. Journal for Nature Conservation, 2020, 58: 125912.

20 Maxted N, Dulloo E, Ford-Lloyd B V, et al. Gap analysis: A tool for complementary genetic conservation assessment. Diversity and Distributions, 2008, 14(6): 1018-1030.

21 Cibrian-Jaramillo A, Hird A, Oleas N, et al. What is the conservation value of a plant in a botanic garden? Using indicators to improve management of *ex situ* collections. The Botanical Review, 2013, 79(4): 559-577.

22 Lawrence B A, Kaye T N. Reintroduction of *Castilleja levisecta:* Effects of ecological similarity, source population genetics, and habitat quality. Restoration Ecology, 2011, 19(2): 166-176.

23 许再富, 黄加元, 胡华斌, 等. 我国近30年来植物迁地保护及其研究的综述. 广西植物, 2008, 28(6): 764-774.

24 Heywood V H. The future of plant conservation and the role of botanic gardens. Plant Diversity, 2017, 39(6): 309-313.

25 Braverman I. Conservation without nature: The trouble with *in situ* versus *ex situ* conservation. Geoforum, 2014, 51: 47-57.

26 Hawkes J G, Maxted N, Ford-Lloyd B V. The *Ex Situ* Conservation of Plant Genetic Resources. Dordrecht: Springer

Science+Business Media, 2000

27 Pence V C, Ballesteros D, Walters C, et al. Cryobiotechnologies: Tools for expanding long-term *ex situ* conservation to all plant species. Biological Conservation, 2020, 250: 108736.

28 Werden L K, Sugii N C, Weisenberger L, et al. *Ex situ* conservation of threatened plant species in island biodiversity hotspots: A case study from Hawai‘I. Biological Conservation, 2020, 243: 108435.

29 Huang H W, Liao J P, Zhang Z, et al. *Ex situ* flora of China. Plant Diversity, 2017, 39: 357-364.

30 Ren H, Jian S G, Liu H X, et al. Advances in the reintroduction of rare and endangered wild plant species. Science China Life Sciences, 2014, 57(6): 603-609.

31 Ren H. Conservation and Reintroduction of Rare and Endangered Plants in China. Singapore: Springer Singapore, 2020.

32 Liu H, Ren H, Liu Q, et al. Translocation of threatened plants as a conservation measure in China. Conservation Biology, 2015, 29(6): 1537-1551.

Strengthen *Ex Situ* Conservation of Plants and Promote Protection and Utilization of Plant Resources

ZHOU Ju[1] YANG Ming[1] WEN Xiangying[2] LI Nan[2] REN Hai[2*]

（1 Bureau of Science and Technology for Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China;

2 Guangdong Provincial Key Laboratory of Applied Botany, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China）

Abstract Plant resources are the basis of human survival and development. Due to human and natural disturbance, plant diversity is facing a serious threat. *Ex situ* conservation is an important way to remove the threat. Botanical garden and germplasm bank are the main institutions of *ex situ* conservation. A total of 105 634 species of plants have been *ex situ* protected in the global botanical gardens, accounting for about 30% of the global total, and more than 40% of the threatened species have been protected. More than 3 million crop germplasm resources have been collected in more than 500 germplasm banks around the world. China's botanical gardens *ex situ* protected more than 20 000 native plants, accounting for about 60% of the total species; the National Crop Germplasm Bank and resource nurseries preserved more than 500 000 germplasm resources. While strengthening plant conservation, *ex situ* plant protection institutions have carried out a lot of scientific research and resource utilization. In order to promote the *ex situ* conservation of plant diversity and green development, this study also reviewed the research progress of *ex situ* conservation of plants, and put forward some suggestions on strengthening *ex situ* conservation of plants in China.

Keywords botanical garden, germplasm bank, biodiversity conservation, sustainable development

*Corresponding author



周 桔 中国科学院科技促进发展局生物技术处处长、副研究员。主要从事生物技术领域科研管理及成果转化等工作。E-mail: zhouju@cashq.ac.cn

ZHOU Ju Associate Professor, Director of Division of Biotechnology, Bureau of Science and Technology for Development, Chinese Academy of Sciences (CAS), Ph.D. of biochemistry. He is mainly engaged in biotechnology projects management and tech-transfer. E-mail: zhouju@cashq.ac.cn



任 海 中国科学院华南植物园主任、研究员。中国生态学学会副理事长，广东省植物学会理事长，国际植物园协会常务理事，国际植物园保护联盟国际咨询委员会委员。主要从事植被恢复和珍稀濒危植物的野外回归研究和应用。发表学术论文160余篇，其中120篇被SCI收录，编著3部学术著作，其中英文2部，获省部级一等奖等科研奖励3项。E-mail: renhai@scbg.ac.cn

REN Hai Director and Professor of South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences (CAS). Vice President of Ecological Society of China, President of Guangdong Botanical Society, Executive Director of International Association of Botanic Gardens, member of International Advisory Committee of Botanic Gardens Conservation International. He focuses on research and application on vegetation restoration and rare & endangered plants reintroduction. He has published more than 160 academic papers, 120 of which have been included in SCI. He has published three monographs, two of which are in English. He has awarded three first prizes of provincial and ministerial level.
E-mail: renhai@scbg.ac.cn

■责任编辑：岳凌生